

BME Műszer- és Méréstechnika Tanszék

TPAi-ACO4 hibrid konfiguráció alkalmazása a biológiai jel-
feldolgozásban

Gesztes Gábor és Horváth Gábor

A BME Műszer- és Méréstechnika Tanszékén 1974. őszére fejeződtek be a Hibrid számítórendszer legújabb hardware és software fejlesztési munkái. Az alábbiakban a hibrid konfiguráció biológiai alkalmazásának egy lehetőségére - elosztott paraméterű hálózatok modellezésére - szeretnénk felhívni a figyelmet. A hibrid rendszer részletesebb leírására nem térünk ki. A rendszert az (1), (2) irodalom ismerteti.

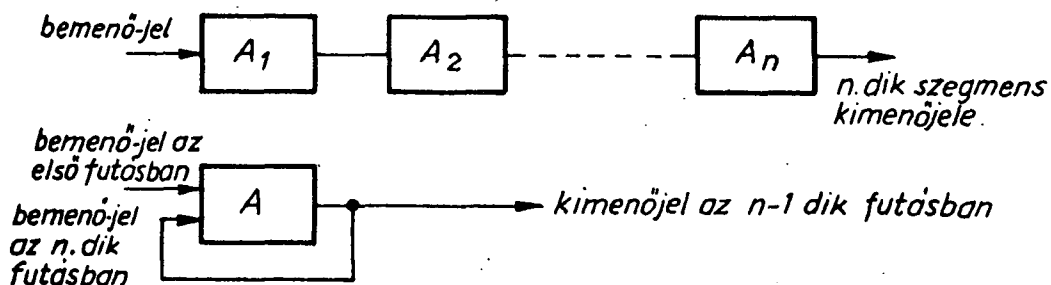
Elosztott paraméterű hálózatok modellezésének egy lehetősége, hogy a hálózatot olyan rövid szakaszokra (szegmensekre) bontjuk, amelyek már koncentrált paraméterűeknek tekinthetők. A teljes hálózatot ezen szegmensek láncbakapcsolásával kapjuk meg. A modellezésnél tehát az egyes szegmensek modellezéséből kell kiindulni.

A következőkben olyan elosztott paraméterű hálózatok modellezésének egy lehetőségét mutatjuk be, melyek differenciálegyenletekkel leírható bonyolult szegmensekből épülnek fel. Ilyen feladatoknál a hibrid számítógép alkalmazása a megoldást nagymértékben megkönnyíti.

Differenciálegyenletek megoldása digitális számítógéppel nehézkes, így a szimulációra önmagában digitális számítógép alkalmazása nem célszerű. Nagypontosságú (a szimuláció szempontjából elegendő pontosságú) ismétlődő üzemi analóg számítógép alkalmasabb a feladat megoldására.

Analóg gépen bonyolult differenciálegyenleteket könnyebben tudunk programozni, de ha sok szegmenst kell figyelembe venni, hamarosan korlátozást jelent a véges műveleti elemkészlet, az együtt futtatandó paraméterek száma. További hátrányok, hogy a szegmensek számának növelésével romlik a programtábla áttekinthetősége, nő a hibalehetőség, valamint a mechanikus programozási munka.

Ismétlő üzemű analóg számítógép megteremti az olyan modellezés lehetőségét, hogy egy teljes láncból egyetlen kiragadott elemével helyettesítsünk (1. ábra). Ehhez az analóg gép minden egyes ismétlődő ciklusában az előző futás kimenőjelét kell bemenőjelként szerepeltetni. A valóságban a szegmensek mind térben, mind a bemenőjel kezdőfázisához viszonyítva időben egymás után következnek. A szimulálás során az n . futás az n . szegmensen történő jel áthaladáshoz rendelhető hozzá.



1. ábra

A kimenőjel visszacsatolása vagy megfelelő késleltetés közbeiktatásával, vagy a jel tárolásával oldható meg. Analóg számítógépen azonban ezek többnyire nem, vagy csak nehezen valósíthatók meg.

A modellezéshez szükséges feladatok egy részére (differenciálegyenletek megoldása) az analóg gép, más részére (pl. kimenőjel tá-

rolására) viszont a digitális gép alkalmasabb. A hibrid számítógérendszer egyesíti a két gép előnyeit, s így a feladat megoldását nagymértékben megkönnyíti.

Rendelkezésünkre áll egy ismétlő üzemi analóg számítógép, melynek teljes műveleti parkját most már egyetlen szegmens megfelelő finomságu modellezésére vehetjük igénybe. Minden egyes futásban a digitális számítógép az interface-en keresztül szolgáltatja a bemenőjelet, amely az első futásban a modell tényleges bemenőjele, míg a továbbiakban mindig az előző futás eredményeképpen kapott kimenőjel. Az analóg modell kimenőjele az interface-en keresztül, mintavételezve jut a digitális gépbe. A digitális és az analóg gép között a hibrid interface szimultán adatforgalmat bonyolít le.

A szimultán adatforgalomhoz az interface-nek az alábbi hardware elemeket kell tartalmaznia.

1. A/D átalakító rendszer

Feladata az analóg modell mindenkor kimenőjének digitalizálása.

2. D/A átalakító rendszer

Biztosítja a digitalizált kimenőjel visszaalakítását analóg jellé. Ez a jel képezi a modell bemenőjét. A jelvisszaállítást a D/A átalakító rendszer speciális eleme, az interpoláló D/A átalakító végzi, amely a digitális géptől kapott mintavételi és meredekség értékek alapján rekonstruálja az időfüggvényt.

3. Programozható digitális óra

Feladata a mintavételezés és a visszajátszás időpillanatainak rögzítése.

4. Érzékelő és vezérlő vonalak

Feladatuk a digitális és az analóg számítógép együttfutásának biztosítása.

A feladat megoldásához szükséges digitális program két-fajta opciót biztosít. Egyrészt lehetőség van a futások számának, tehát az egymás után illesztett szegmensek számának programozására, másrészt a szegmensek lépésenkénti egymás után illesztése is megoldható. (Ebben az esetben a meglévő lánchoz újabb szegmens illesztése egy TTY karakter leütésére történik meg.) Mivel két lépés között tetszőleges idő telhet el, vagyis a folyamatot egy ponton tetszőleges ideig megállíthatjuk, változó paraméterű, illetve strukturájú szegmensekből felépülő lánchálózatokat is modellezhetünk. Az egyes lépések közötti esetleges módosítások mind kezelői beavatkozással, mind programozottan, automatikusan megtörténhetnek.

Az eddigiekben említett módszert rugalmas falu csőben történő folyadékáramlás modellezésén mutatjuk be. A munka alapját (4) képezte. Rideout és Dick a Navier-Stokes egyenletekből indult ki. Az egyenleteket helykoordináták szerint differencia egyenletekké alakítva, néhány egyszerűsítő feltevéssel juthatunk el a hengerkoordináta-rendszerben felírt /1/ és /2/ egyenletekhez.

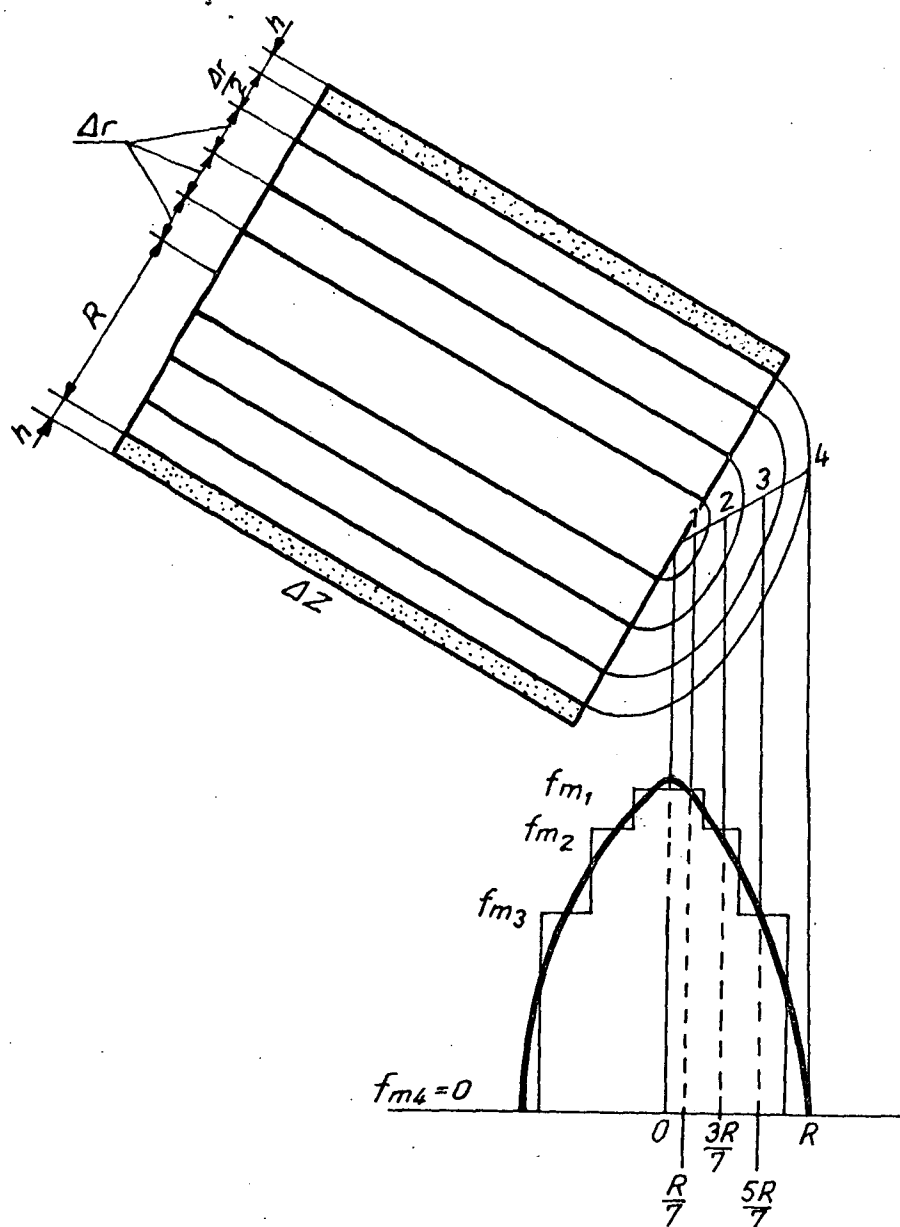
$$\frac{\Delta P_m}{\Delta z} = \frac{P_{m-out} - P_{m-in}}{\Delta z} = - \frac{(2N-1)^2}{4\pi R^2(2n-1)} \frac{df_{m;n}}{dt} +$$

$$+ \frac{\mu(2N-1)^4}{8\pi R^4(2n-1)} \left[-f_{m;n} + \frac{n \cdot f_{m;n+1}}{2n+1} + \frac{n-1}{2n-3} f_{m;n-1} \right] \quad /1/$$

$$P_{m-out} = \frac{E \cdot h}{2\pi R^3(1-\sigma^2)\Delta z} \int_0^t \sum_{n=1}^{N-1} \left[f_{m;n-in} - f_{m;n-out} \right] dt \quad /2/$$

Az egyenletek értelmezése:

Az áramlási csatornát axiális irányban Δz hosszúságú szegmen-
sekre osztjuk. A szegmenseket m -el indexeljük. Egy szegmensen
belül a csatornát sugár irányban N koncentrikus gyűrűre osztjuk
és a gyűrűket n -el indexeljük (2. ábra).



2. ábra

Az /1/ egyenlet tehát az m-edik Δz hosszúságú szegmens n-edik koncentrikus gyűrűjének bemenő és kimenő nyomása között teremt meg a kapcsolatot.

- $f_{m;n}$ - az áramlási erősség
- μ - a viszkozitási tényező
- ζ - a folyadék sűrűsége
- R - a cső sugara.

A /2/ egyenlet az m-edik szegmensbe belépő és onnan kilépő eredő áramlási erősségek és a szegmens kimenő nyomása közötti összefüggést adja meg.

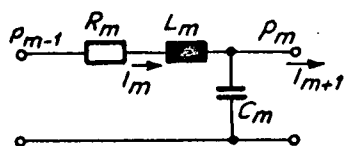
- E - a fal Young modulusa
- h - a fal vastagsága
- σ - Poisson állandó.

Az irodalomban található /1/ és /2/ egyenletekből nyertük az analóg számítógépen programozott /3/, /4/ egyenleteket. A villamos helyettesítőkép és a számítókapcsolás a 3. ábrán látható. (A villamos helyettesítőképben a feszültség a nyomásnak az áram a folyadék áramlási erősségének felel meg.)

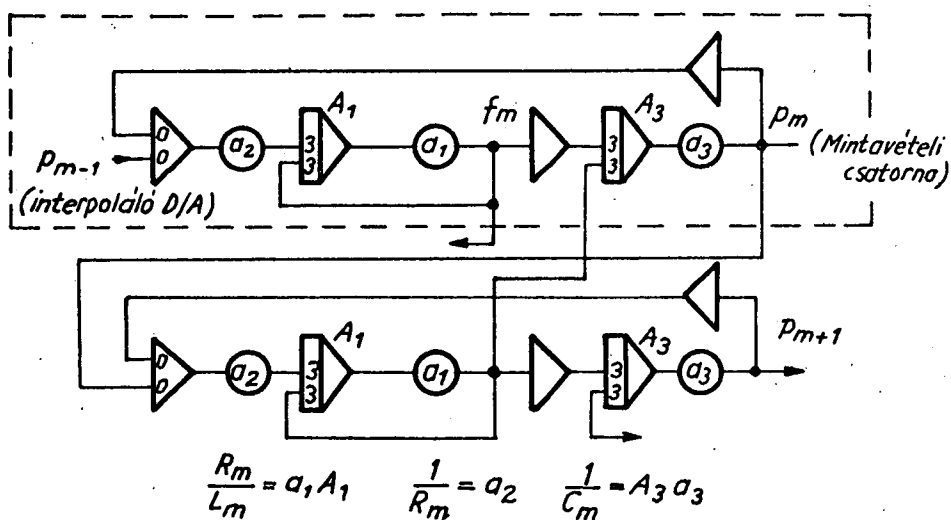
$$f_m = - \frac{R_m}{L_m} \int \left[\frac{(P_m - P_{m-1})}{R_m} + f_m \right] dt \quad /3/$$

$$P_m = - \frac{1}{C_m} \int (f_{m-in} - f_{m-out}) dt \quad /4/$$

$$R_m = \frac{81 \mu \Delta z}{8 \pi R^4} \quad L_m = \frac{9 \zeta \Delta z}{4 \pi R^2} \quad C_m = \frac{3 \pi R^3 \Delta z}{2 E h} \quad \left(\sigma = \frac{1}{2} \right)$$



(a)



3. ábra

(a) Villamos helyettesítőkép, (b) számítókapcsolás

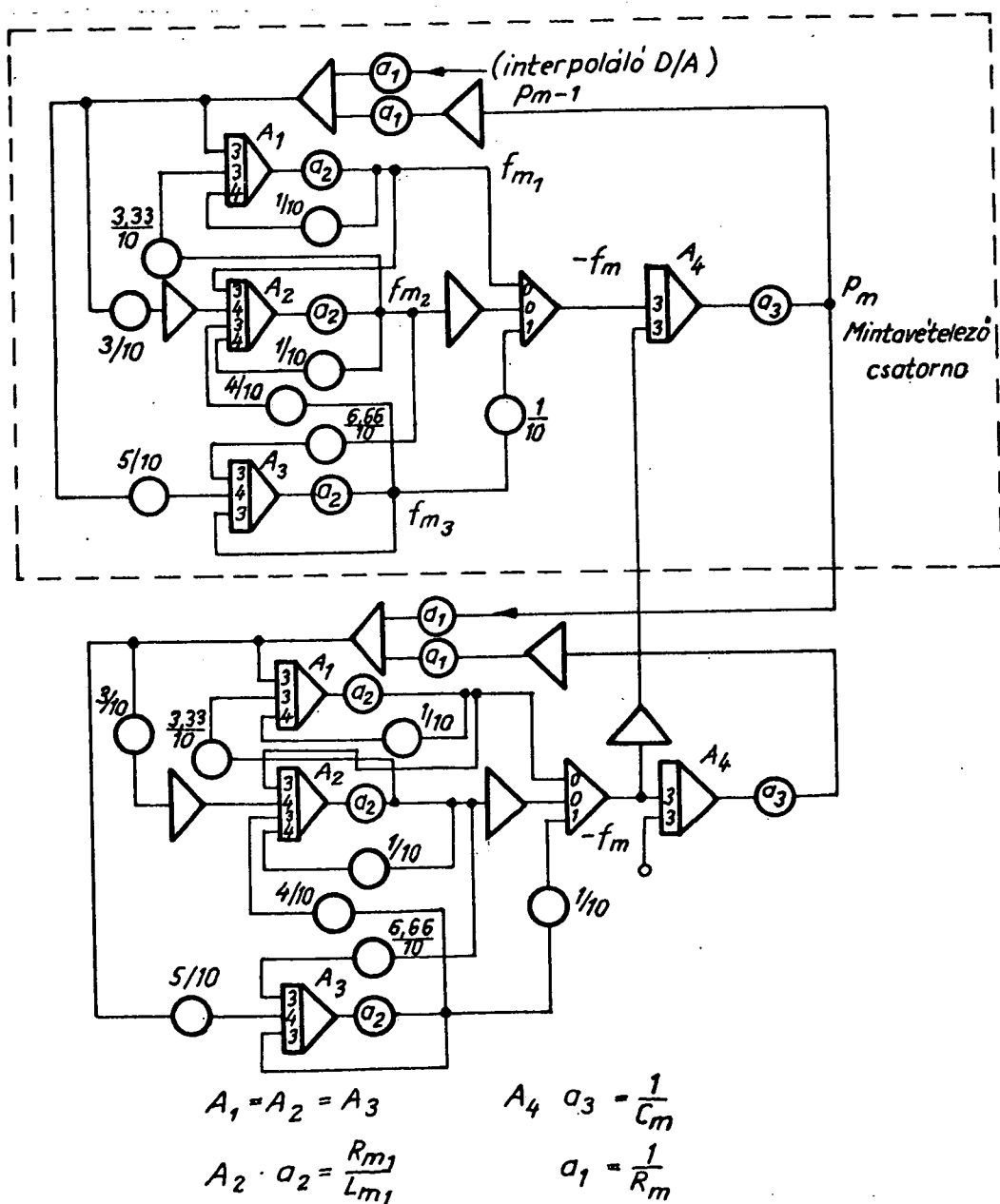
Az ábrán szaggatott vonallal bekeretezett rész jelenti az m -edik szegmens analóg modelljét. p_{m-1} az előző szegmens kimenőjele, amelyet az interpoláló D/A átalakítón keresztül kapunk a digitális számítógéptől, míg a kimenőjel (p_m) a mintavételi csatornán át digitalizálva jut a digitális gépbe.

N=4-re az /1/, /2/ egyenletekből nyerjük az analóg számítógépen programozott /5, 6, 7, 8/ egyenleteket. A számítókácsolás a 4. ábrán látható.

A számítókácsolás paraméterei:

$$R_{ml} = \frac{49^2 \mu \Delta z}{8\pi R^4} \quad L_{ml} = \frac{49 \beta \Delta z}{4\pi R^2} \quad C_m = \frac{3\pi R^3 \Delta z}{2Eh}$$

$$(\sigma = \frac{1}{2})$$



4. ábra

$$f_{m1} = - \frac{R_{m1}}{L_{m1}} \int \left[\frac{(P_{m-out} - P_{m-in})}{R_{m1}} + f_{m1} - \frac{1}{3} f_{m2} \right] dt \quad /5/$$

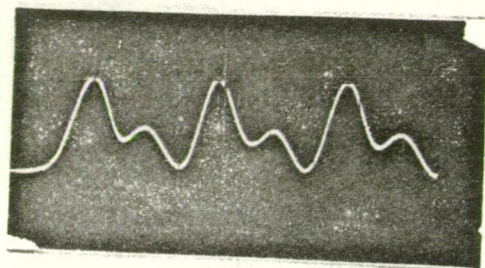
$$-f_{m2} = - \frac{R_{m1}}{L_{m1}} \int \left[\frac{3(P_{m-in} - P_{m-out})}{R_{m1}} + f_{m1} - f_{m2} + \frac{2}{5} f_{m3} \right] dt \quad /6/$$

$$f_{m3} = - \frac{R_{m1}}{L_{m1}} \int \left[\frac{5(P_{m-out} - P_{m-in})}{R_{m1}} + f_{m3} - \frac{2}{5} f_{m2} \right] dt \quad /7/$$

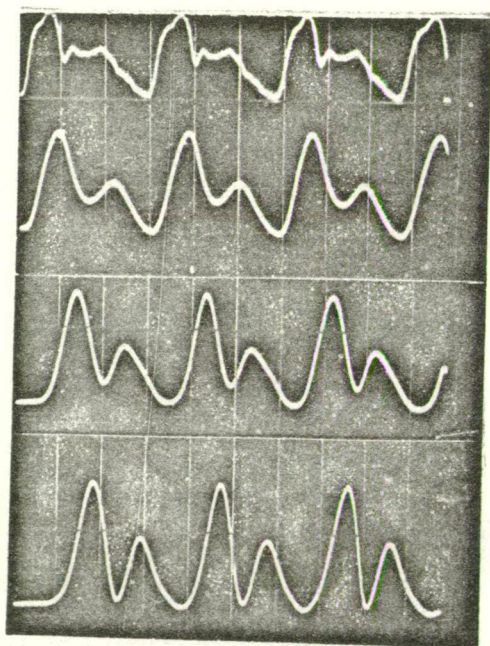
$$P_{m-out} = - \frac{1}{C_m} \int (f_{m-in} - f_{m-out}) dt; f_m = f_{m1} + f_{m2} + f_{m3} \quad /8/$$

A bemutatott hibrid megoldással az áramlási csatorna sugár iránya felosztását $N = 4$ -nél jóval nagyobbra választhatjuk, továbbá lehetőség nyílik a modell esetleges más finomítására (pl. a fal hatásainak jobb figyelembevételére) is.

Az 5. 6. 7. ábrákon kísérleti nyomásfüggvényeket látnunk $N = 2$ -re, és kétfajta paraméter beállítással $N = 4$ -re. A számítókapcsolásokra bemenőjelként az interpoláló D/A által felrajzolt függvényt adtuk, ami egy aorta bemenő nyomásfüggvényének felelt meg. Mivel tényleges nyomásgörbe nem állt rendelkezésünkre, a jelalakot az irodalom alapján pontonként vettük fel. Valós mérési eredmények nélkül azonban, következtetések levonására, illetve a tényleges fizikai paraméterek megállapítására nem vállalkozhattunk.



5. ábra
N=2 kimenő nyomás függvény. 8 szegmens mellett.



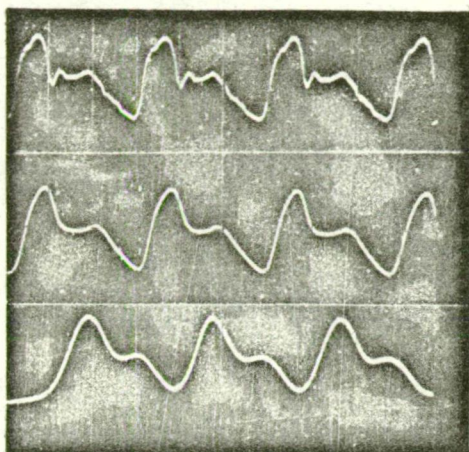
- bemenőjel

- 1. szegmens kimenőjele

- 4. szegmens kimenőjele

- 8. szegmens kimenőjele

6. ábra
Aorta nyomásfüggvények N=4 esetében



- bemenőjel

- 1. szegmens kimenőjele

- 8. szegmens kimenőjele

7. ábra

Aorta nyomásfüggvények $N=4$ esetében

Összefoglalás

A bemutatott példán keresztül látható, hogy a hibrid számítórendszer alkalmazása megkönnyíti elosztott paraméterű hálózatok modellezését. A módszer legfontosabb előnyei:

- az analóg gép teljes műveleti parkja felhasználható egy szegmens minél pontosabb modellezésére,
- a szegmensek egymás után kapcsolása, több szegmensből álló lánc vizsgálata lehetővé válik anélkül, hogy ez újabb analóg programozási feladatot jelentene,
- lehetőség nyílik a szegmensek paramétereinek, illetve strukturájának menetközbeni változtatására is, ami azt jelenti, hogy a lánckapcsolatban nem kell szükségképpen azonos felépítésű szegmenseknek szerepelniük,
- a megoldás gyors, az ismétlődő üzemi működés miatt az eredmény azonnal oszcilloszkópon figyelhető.

Irodalom

- (1) Bánsági L., dr. Tóth E.: Új nagysebességű univerzális hibrid számítórendszer fejlesztésének kérdései. "Számítástechnika '74" konferencia kiadvány (749. o.)
- (2) Bánsági L., dr. Tóth E.: Hibrid számítórendszer. Mérés és Automatika 1974. 8. sz. (303. o.)
- (3) Bánsági L., dr. Tóth E., Sztipánovits J.: Biológiai rendszerek identifikációja hibrid optimalizációs módszerekkel. 5. Neumann Kollokvium, Szeged, 1974.
- (4) V.C. Rideout, D.E. Dick: Difference-Differential Equations for Fluid flow in Distensible Tubes. I.E.E.E. Trans. Biomed. Eng. vol BME-14 July. 1967 pp. 171-177.
- (5) J.J. Strano, W. Welkowitz, S. Fich: Measurement and Utilization of In Vivo Blood-Pressure Transfer Functions of Dog and Chicken Aortas. I.E.E.E. Trans. Biomed. Eng. vol BME-19 July. 1972 pp. 261-271.
- (6) H.P. Schwan (Editor) Biological Engineering New York Mc Graw-Hill. 1969.